

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Technologie svařování nádrže o objemu 450 l pro vůz 814-914

**Welding Technology of the 450 Liters Tanky Capacity of the
Truck 814 -914**

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Daniel Komárek
doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2009

(Kopie zadání)

"Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jméno a příjmení: Bc. Daniel Komárek

Adresa trvalého pobytu: Bož. Němcové 4, 789 85 Mohelnice

Datum odevzdání práce: 22.5.2009

V Ostravě

.....

podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOMÁREK, D. Technologie svařování nádrže o objemu 450 l pro vůz 814-914. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 42 s. Diplomová práce, vedoucí doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Diplomová práce se zabývá návrhem technologie svařování naftové nádrže pro řady 814-914 Regionova. V úvodu je uveden popis vozidla a nádrže, které se týká tato práce.

Návrh této práce spočívá ve výběru vhodného náhradního nerezového materiálu a technologie svařování pro daný typ materiálu. Díky novému materiálu by mělo dojít ke snížení hmotnosti nádrže a odstranění nutnosti povrchových úprav k zamezení koroze nádrže.

Po výběru materiálu a technologie svařování je zpracován detailní technologický postup svařování naftové nádrže. Na závěr je uvedena možnost ověření vlastností nosných svarových spojů. Práce je doplněna výkresy naftové nádrže a postupy svařování WPS.

KOMÁREK, D. Welding Technology of the 450 Liters Tank Capacity for the Truck 814-914, faculty of mechanical engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2009, 42 pag. Thesis, head doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

The thesis is dealing with a proposition of technology used for welding of an oil tank for a vehicle type 814-914 Regionova. In the introduction, there is description of the vehicle and the tank the thesis is dealing about.

The proposition of this thesis lies in the selection of suitable substitutive rustless material and welding technology for given type of a material. Thanks to a new type of the material used, the weight of the tank should be lessened and the need for the surface finishing leading to preclusion of the corrosive action of the tank should be eliminated.

After the selection of the material and the welding technology, there is outlined detailed technological process for welding of the oil tank. In the end, the way for assessing the quality of bearing welded joints is presented. The thesis is supplemented with plans of the oil tank and the WPS welding processes.

Obsah diplomové práce

1. Úvod	8
1.1. Popis motorové soupravy ř. 814-914	8
1.2. Nynější stav palivové nádrže	9
2. Rozbor materiálů a výběr nejvhodnější varianty	12
2.1. Hodnocení svařitelnosti ocelí	12
2.2. Výběr materiálu pro nádrž	14
2.2.1. Charakteristika náhradního materiálu ČSN 17240	14
2.2.2. Charakteristika náhradního materiálu ČSN 17241	15
2.2.3. Optimální varianta	16
3. Základní legislativní požadavky na organizaci s ohledem na proces svařování	17
3.1. Základní ustanovení	17
3.2. Všeobecná ustanovení	17
3.3. Svařování při výrobě, opravách a rekonstrukcích	18
3.4. Požadavky na zaměstnance	19
4. Možné způsoby svařování naftové nádrže	20
4.1. Svařování metodou TIG	20
4.1.1. Princip metody	20
4.1.2. Ochranné plyny	21
4.1.3. Přídavné materiály	22
4.2. Svařování MIG	23
4.2.1. Princip metody MIG	24
4.2.2. Ochranné plyny	25
4.2.3. Přídavné materiály	25
4.3. Vady svarových spojů	26
4.4. Kontrola svarů	26
4.4.1. Vizuální kontrola	27
4.4.2. Penetrační metoda	27
4.5. Bezpečnost práce a hygiena při svařování	27
5. Detailní technologické postupy pro svařování svarových spojů nádrže	29
6. Metodika pro ověření vlastností nosných svarových spojů	40
6.1. Výpočet pevnosti svarového spoje	40
6.1.1. Účinný průřez svaru	40
6.1.2. Napětí ve svarech	41
6.1.3. Výpočet napětí ve sledovaných svarech	41
6.2. Metalografická zkouška svarového spoje	43
6.2.1. Makrostruktura svarového spoje	43
6.2.2. Mikrostruktura svarového spoje	44
6.2.3. Elektronomikroskopická studia	45
7. Závěr	46
8. Seznam použité literatury:	47
9. Seznam příloh	48

Seznam použitého značení:

$\sigma \dots$	normálové napětí
$\sigma_{DSV} \dots$	dovolené normálové napětí
$\tau \dots$	smykové napětí
$\tau_{DSV} \dots$	dovolené smykové napětí
R_m :	mez v tahu
R_e :	mez kluzu
A_5 :	nejnižší tažnost

Zkratky:

WPS	specifikace postupu svařování
------------	-------------------------------

1. Úvod

Prototyp motorové částečně nízkopodlažní jednotky řady 814-914 s obchodním názvem „Regionova“ byl představen a pokřtěn v roce 2005 na mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně. Regionova je tvořena motorovým a řídicím vozem, jenž jsou trvale spojeny přivrácenými čely. Jedná se vlastně o modernizaci původních strojů vyráběných ve Vagónce studénce v letech 1973 – 1983, konkrétně motorového vlaku řady 810 a přípojného vozu řady 010 z majetku Českých drah. Tento způsob je efektivním řešením obnovy vozidlového parku ČD, navíc za nepoměrně nižší cenu než je nákup srovnatelného nového vozidla. Současně je vytvářen prostor pro doplňování vozidlového parku vozidly novými. Motorová jednotka Regionova nabízí cestující veřejnosti současným podmínkám odpovídající kvalitu. Atraktivní design vozidel a celková úprava interiéru zvyšují kulturu cestování. Ke zvýšení komfortu cestování na regionálních tratích přispívá také možnost přepravy objemnějších zavazadel, uzpůsobení nízkopodlažní části řídicího vozu pro přepravu cestujících se sníženou pohyblivostí a také zjednodušení přepravy nevidomých cestujících pomocí akustických majáčků a možností otevření dveří pomocí slepecké vysílačky VPN.

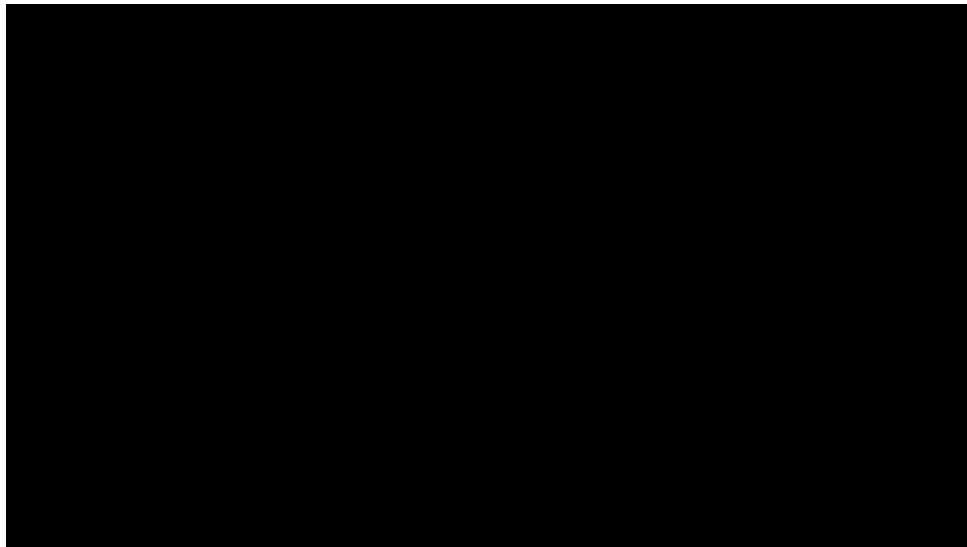
Tato práce se bude zabývat technologií svařování nádrže na motorovou naftu pro hnací vůz řady 814. V současné době je tato nádrž svařována z plechů z materiálu jakosti ČSN 41 1375.1 o tloušťce 2,5 mm. Nový návrh bude ten, aby se tato nádrž vyráběla z plechu austenitické oceli třídy 17 o tloušťce 2mm. Výhodou pro toto provedení je předpokládaná nižší hmotnost a minimální nároky na následnou povrchovou úpravu, povrchovou neporušitelnost z hlediska odolnosti vůči mechanickému poškození povrchu a případné korozivzdornosti.

1.1. *Popis motorové soupravy ř. 814-914*

Motorová souprava ř. 814 – 914 je určena pro vnitrostátní dopravu na hlavních i vedlejších neelektrifikovaných tratích, pro vedení lehkých osobních vlaků. Konstrukce umožňuje provoz v podmínkách od -30°C do $+40^{\circ}\text{C}$, při relativní vlhkosti až 90% a nadmořské výšce do 1000 m. Řídicí systém umožňuje ovládání až tří spojených souprav z jednoho pracoviště strojvůdce.

Souprava ř. 814-914 je složena z hnacího motorového vlaku ř.814 a řídicího vozu řady 914. Tyto vznikly komplexní modernizací původního motorového vozu ř. 810 (nyní vůz ř.

8124) a přípojného vozu ř. 010 (nyní vůz ř. 914). Z vozů je převzata upravená skříň a podvozky. Vozy jsou spojeny zadními plochými čely, která jsou opatřena dveřmi a přechodovým můstkem, který je krytý dvojitým měchem.



Obr. č. 1.1. - motorová souprava ř. 814-914

1.2. Nynější stav palivové nádrže

Palivové hospodářství zajišťuje uložení paliva, filtraci a dodávku k motoru. Pod podlahou vozidla je umístěna palivová nádrž o objemu 450 litrů. Palivová nádrž má v horní části tři šroubení (větev sání paliva k motoru, větev sání paliva k topnému agregátu a vratnou větev - přepadové potrubí od motoru a topení zpět do nádrže).

a) Palivo je z nádrže vedeno potrubím o světlosti DN 8 mm přes zpětnou klapku 3/8" a hrubý čistič paliva ("sklenička" na vstřikovacím čerpadle) do dvojitého jemného čističe paliva a odtud do vstřikovacího čerpadla BOSCH. Přebytečná nafta je vedena od vstřikovacího čerpadla zpět do palivové nádrže.

b) Palivo je vedeno přes zpětnou klapku 3/8", ruční čerpadlo K-24, kulový ventil 3/8", čistič paliva FJ 2R a vyhřívaný palivový filtr Eberspacher potrubím DN 6 do skříně k teplovodnímu agregátu. Přebytečná nafta je vedena potrubím DN 6, které je napojeno do vratné větve (potrubí DN 8) od vstřikovacího čerpadla motoru do nádrže.

Potrubí palivového systému je (mimo části potrubí v prostoru motoru) zaizolováno sibralem a obaleno hliníkovou folií a kovovým pletivem.

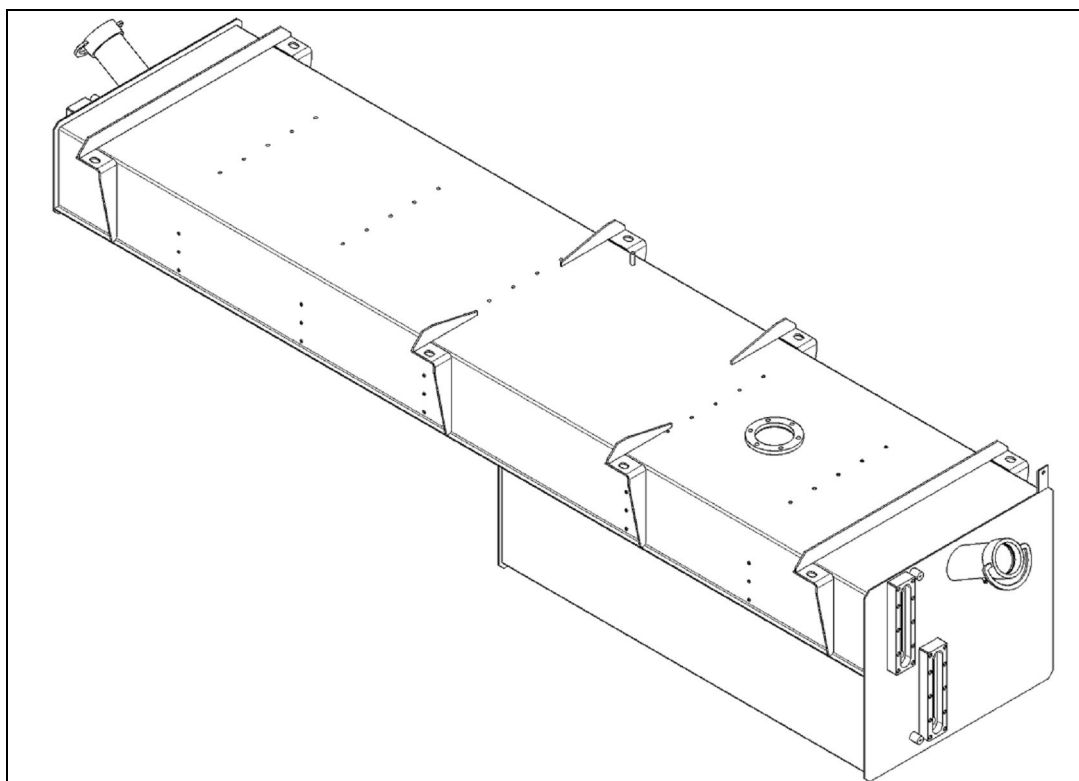
Nádrž je svařena z ocelových plechů tl. 2,5 mm. Je zavěšena ve spodku vozu na osmi konzolách. Je uložena napříč vozu s plněním z obou stran vozidla. Uvnitř nádrže jsou peřejníky, zabráňující prudkému přelévání paliva. Zespoda nádrže je přírubově přišroubena jímka odkalovacího ventilu, ve které je umístěn odkalovací a vypouštěcí ventil s kuličkou a šroubením, umožňujícím vypouštění paliva hadicí. V horní části nádrže je přírubově připojen sací koš, který je třemi trubkami sveden ke dnu nádrže. Sací koš je obalen jemným sítkem. Na čelech nádrže jsou skleněné naftoznaky, opatřené měřítkem stavu hladiny v nádrži. Plnicí hrdla jsou opatřena zátkami s možností uzamčení uzávěru visacím zámkem. Uprostřed nádrže v její horní části je vyvedena odvzdušňovací trubka.



Obr. 1.2. Náhled uložení naftové nádrže v motorovém voze ř. 814



Obr. 1.3. Náhled na uložení palivové nádrže z boku motorového vozu ř.814



Obr. 1.4. Schéma palivové nádrže

2. Rozbor materiálů a výběr nejvhodnější varianty

2.1 Hodnocení svařitelnosti ocelí

Svařitelnost materiálu je vlastnost vytvořit celistvý svarový spoj tak, aby vyhovoval technickým požadavkům. Tím je dána skutečnost, že při výrobě svařence je bráno chemické složení, metalurgické a fyzikální vlastnosti materiálu, které při použití dané metody svařování splní stanovené požadavky na spojení materiálů. Tyto požadavky v sobě zahrnují strukturu materiálu, náchylnost k absorpci plynů, oxidační schopnosti, odolnost proti korozi, na chování materiálu za vysokých teplot a přeměnách struktury, na stavu materiálu a jeho povrchu a na metodě svařování.

Přesnou definici uvádí norma ČSN 05 0000 a ta zní: „Svařitelnost je komplexní charakteristika materiálu, která určuje za daných podmínek svařování jeho technickou vhodnost pro spoje předepsané jakosti.“

Protože dokonale svařitelný materiál prakticky neexistuje jsou dvě hlediska, která se při volbě svařovaného materiálu upřednostňují:

- funkční: materiál je svařitelný, jestliže existuje technologie, kterou lze zhotovit svarový spoj o vyhovující homogenitě a požadovaných vlastnostech, které si zachová po celou dobu životnosti konstrukce
- technologicko-ekonomické: materiál je dobře svařitelný jestliže svar o požadovaných vlastnostech lze zhotovit bez zvláštních opatření, libovolnou dostatečně produktivní metodou svařování a s minimálními náklady

Podle základní normy ČSN 051310 lze definovat klasifikační stupně svařitelnosti ocelí takto:

1a) Svařitelnost zaručená

Materiály se zaručenou svařitelností mají vyhovující jakost svarových spojů při všech způsobech tavného svařování a za teplot svařování až do 0°C. Za teplot nižších se zaručuje vyhovující jakost svarových spojů jen za zvláštních opatření (předehřátí apod.). Oceli s tímto stupněm svařitelnosti jsou vhodné i na svařované konstrukce namáhané dynamicky i při nižších venkovních teplotách

1b) Svařitelnost zaručená – podmíněná

Vyhovující jakost svarových spojů uhlíkových a slitinových ocelí je podmíněna dodržáním zvláštních opatření při svařování (předehřátí, tepelné zpracování, určitá metoda svařování). Oceli s tímto stupněm svařitelnosti jsou obvykle vhodné i pro automatizované svařování.

2) Svařitelnost dobrá

Svařitelný spoj má většinou vyhovující jakost, ovšem výrobce nezaručuje svařitelnost ani za zvláštních opatření při svařování

3) Svařitelnost obtížná

Svarový spoj nemá požadovanou jakost ani při zvláštních opatřeních při svařování

2.2. Výběr materiálu pro nádrž

Dle zadání měl být nový materiál pro nádrž korozivzdorný. Tomuto vyhovují z hlediska dostupnosti a výše zmíněných nároků na svařitelnost oceli třídy 17. Jedná se o chromniklové austenitické oceli, které lze svařovat bez předehřevu. Hlavními legujícími prvky jsou chrom (16 až 20%) a nikl (8 až 12%) . Jejich charakteristickou vlastností je odolnost proti korozi, velká houževnatost a tažnost i při vysokých teplotách.

2.2.1. Charakteristika náhradního materiálu ČSN 17240

Materiál ocel ČSN 17 240.4 (dle DIN 1.403 , typ oceli X5 CrNi 18-10)

Ocel korozivzdorná. Legovaná ušlechtilá ocel, austenitická, běžná. Pro všeobecné použití - například: předvýrobky, tyče tvářené za tepla nebo za studena, válcované dráty a tvarové tyče. Přístroje v potravinářském průmyslu, zvláště pro své vlastnosti - svařitelnost, lešitelnost, hlubokotažnost, odolnost proti opotřebení. Vhodná ke svařování všemi obvyklými postupy. Je nemagnetovatelná.

Výběr z normy ČSN 41 7240

Chemické složení (hm. v %):

C –	max 0,07
Mn –	max 2
Si –	max 1
Cr –	17 až 20
Ni –	9 až 11,5
P -	max. 0,045
S -	max 0,03

Úchylky chem. složení v hotovém výrobku:

C	+0,01
Mn	+0,15
Si	+0,05
Cr	od -0,3 do +0,5
Ni	od -0,3 do +0,5

Způsob výroby:	elektroocel
Svařitelnost :	zaručená
Stav:	po rozpouštěcím žihání
Nejmenší mez v tahu R_m :	465 Mpa
Nejmenší mez kluzu R_e :	185 Mpa
Nejnižší tažnost A_5 napříč:	30%
Pracovní teplota:	$\leq 700\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.2.2. Charakteristika náhradního materiálu ČSN 17241

Materiál ocel ČSN 17 241.4 (dle DIN 1.403 , typ oceli X5 CrNi 18-10)

Ocel korozivzdorná. Legovaná ušlechtilá ocel, austenitická, běžná. Pro všeobecné použití - například: předvýrobky, tyče tvářené za tepla nebo za studena, válcované dráty a tvarové tyče. Přístroje v potravinářském průmyslu, zvláště pro své vlastnosti - svařitelnost, lešitelnost, hlubokotažnost, odolnost proti opotřebení. Vhodná ke svařování všemi obvyklými postupy. Je nemagnetovatelná.

Výběr z normy ČSN 41 7241.4

Chemické složení (hm. v %):

C –	max 0,12
Mn –	max 2
Si –	max 1
Cr –	17 až 20
Ni –	8 až 11,5

P - max. 0,045

S - max 0,03

Úchylky chem. složení v hotovém výrobku:

C +0,01

Mn +0,15

Si +0,05

Cr od -0,3 do +0,5

Ni od -0,3 do +0,5

Způsob výroby: elektroocel

Svařitelnost : zaručená

Stav: po rozpouštěcím žihání

Nejmenší mez v tahu R_m : 530 Mpa

Nejmenší mez kluzu R_e : 196 Mpa

Nejnižší tažnost A_5 napříč: 45%

Pracovní teplota: $\leq 400\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.2.3. Optimální varianta

Jako nejvýhodnější se jeví ocel dle ČSN 41 7241.4. Má vyšší tažnost a vyšší pevnost v tahu a kluzu.

3. Základní legislativní požadavky na organizaci s ohledem na proces svařování

Požadavky na výrobu, materiál a svářečský personál upřesňuje „Předpis pro svařování kolejových vozidel, jejich celků a komponentů“, ČD V 95/5, schválený generálním ředitelem ČD, a.s. s účinností od 1.5.2008.

3.1. Základní ustanovení

Tento předpis obsahuje základní požadavky na všechny metody používané při výrobě, modernizacích, rekonstrukcích a opravách železničních kolejových vozidel. Je závazný pro všechny zaměstnance organizačních složek ČD, a.s. Určuje hlavní požadavky na výrobu, modernizace, rekonstrukce a renovace svařováním a navařováním z hlediska bezpečnosti provozu železničních kolejových vozidel s ohledem na použitou technologii, základní a přídatný materiál, konstrukci, výrobu, zkoušení, kontrolu a kvalifikaci svářečů.

3.2. Všeobecná ustanovení

Železniční kolejová vozidla mohou vyrábět a opravovat pouze dodavatelé pro ČD, kteří prokázali svou způsobilost pro svařování ve smyslu norem řady ČSN EN 3834 „Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů“, certifikátem vystaveným nezávislým certifikačním orgánem, který má svou činnost akreditovanou Českým institutem pro akreditaci:

- a) pro proces svařování dle ČSN EN 45 011, SKP 35.00 nebo podskupiny 35.20 a 35.50
- b) pro systémy jakosti dle ČSN EN 45 012 pro OKEČ (Odvětvová klasifikace ekonomických činností) 35.00 nebo 35.20 podle norem řady ČSN EN ISO 9001:2001, včetně procesu svařování dle normy ČSN EN ISO 3834-2.

Uvedený certifikační orgán musí být schválen příslušným oddělením ČD a musí se prokázat „Pověřením“ k provádění certifikace v procesu svařování ve smyslu platných norem.

Pro díly výrobních skupin I. a II. (dle ČD 95/5) se vyžaduje certifikace procesu svařování dle ČSN EN ISO 3834 – 2, pro konstrukční díly výrobní skupiny III. certifikace procesu svařování dle ČSN EN ISO 3834 – 3.

Dodavatel vozidla je povinen v Technických podmínkách, Technických dodacích podmínkách, Technických dodacích a přejímacích podmínkách uvést:

- a) seznam svařovaných a navařovaných součástí, jejichž poruch může ohrozit bezpečnost provozu.
- b) seznam čísel výkresů a zařazení do výrobních skupin.

Použití jiných materiálů, technologií, postupů nebo kontrolních režimů je možné pouze se souhlasem odběratele (ČD, a.s)

3.3. Svařování při výrobě, opravách a rekonstrukcích

- a) Je povoleno používat všech metod svařování a jejich kombinace, na které dodavatel vlastní platný certifikát podle ČSN EN ISO 3834-2
- b) Dodavatel je povinen vypracovat pro výrobu, modernizace, rekonstrukce, opravy a renovace postupy svařování pWPS. Dále musí zabezpečit zkušební kusy podle těchto pWPS a v souladu s normami ČSN EN ISO 15 607 a navazujícími normami ČSN EN ISO 15 609, ČSN EN ISO 15 614-1, 2 atd. zajistit záznam o svařování zkušebních kusů. Dále musí zajistit provedení zkoušek předepsaných ve výše uvedených normách.
- c) Za nepříznivých klimatických podmínek se smí svařovat jen po provedení vhodných opatření, tak aby bylo celé pracoviště svářeče chráněno před nepříznivými povětrnostními podmínkami.

3.4. Požadavky na zaměstnance

a) požadavky na svářečský dozor

Výrobce musí prokázat, že má dostatečný počet zaměstnanců svářečského dozoru, způsobilých vykonávat svou funkci ve smyslu ČSN EN ISO 14 731 včetně přílohy A, resp. Přílohy A ČSN EN ISO 3834-5.

Počet osob svářečského dozoru musí a jejich kvalifikace být přiměřené k velikosti organizace, rozsahu svářečských činností vykonávaných v organizaci.

Způsobilost zaměstnanců svářečského dozoru musí být prokázána vzděláním, výcvikem a odpovídajícími výrobními zkušenostmi, zejména v oboru svařování.

Minimálně jeden zaměstnanec svářečského dozoru musí mít platné osvědčení OOO/RS – DV, vydané drážním úřadem.

Odpovědný svářečský dozor mohou vykonávat pouze ty osoby, které jsou v organizaci ve stálém pracovním poměru, nebo jsou smluvně vázány tak, že mohou bez omezení odpovědně plnit své pracovní povinnosti dle ČSN EN ISO 14731 v rámci svého jmenování a písemně přidělených povinností, odpovědností a pravomocí. Vlastník firmy, jednatel, řídící zaměstnanec ani vedoucí výroby nemohou být uznáni jako odpovědný svářečský dozor v rámci skupiny I. pod kterou spadá i navrhovaný postup výroby naftové nádrže.

b) požadavky na kvalifikaci svářečů

Pro svarové spoje všech výrobních skupin zkouška dle ČSN EN 287-1 a norem řady ČSN EN ISO 9606. Rozsah pracovní zkoušky stanoví hlavní svářečský dozor uvedený na certifikátu s kvalifikací EWE/IWE nebo EWT/IWT.

Kvalifikace svářečů musí být předepsána ve výrobní technické dokumentaci (technologický postup, pracovní instrukce, WPS).

Při prokazování kvalifikace svářeče musí svářeč nebo zaměstnavatel předložit na požádání nezávislého certifikačního orgánu a odběratele k nahlédnutí doklady o kvalifikace, pověření zaměstnavatele ke svařování a platné lékařské prohlídce.

Evidenci svářečů s příslušnými záznamy musí vést organizace ve smyslu ČSN EN 3834, ČSN EN 287-1, norem řady ČSN EN ISO 9606, ČSN 050705, ČSN 05 0601, CWS ANB TP A 034 a Vyhlášky Ministerstva vnitra č. 87/2000

4. Možné způsoby svařování naftové nádrže

Metody svařování nádrže.

Vzhledem k navrhovanému materiálu naftové nádrže se jako nejvhodnější metody svařování jeví metoda svařování netavící se elektrodou TIG (141) a metoda svařování v ochranném inertním plynu MIG (131). Výhodou těchto metod je relativně malé vnesené teplo do svařované oblasti, možnost nepřerušovaných svarů a ekonomika provozu.

4.1. Svařování metodou TIG.

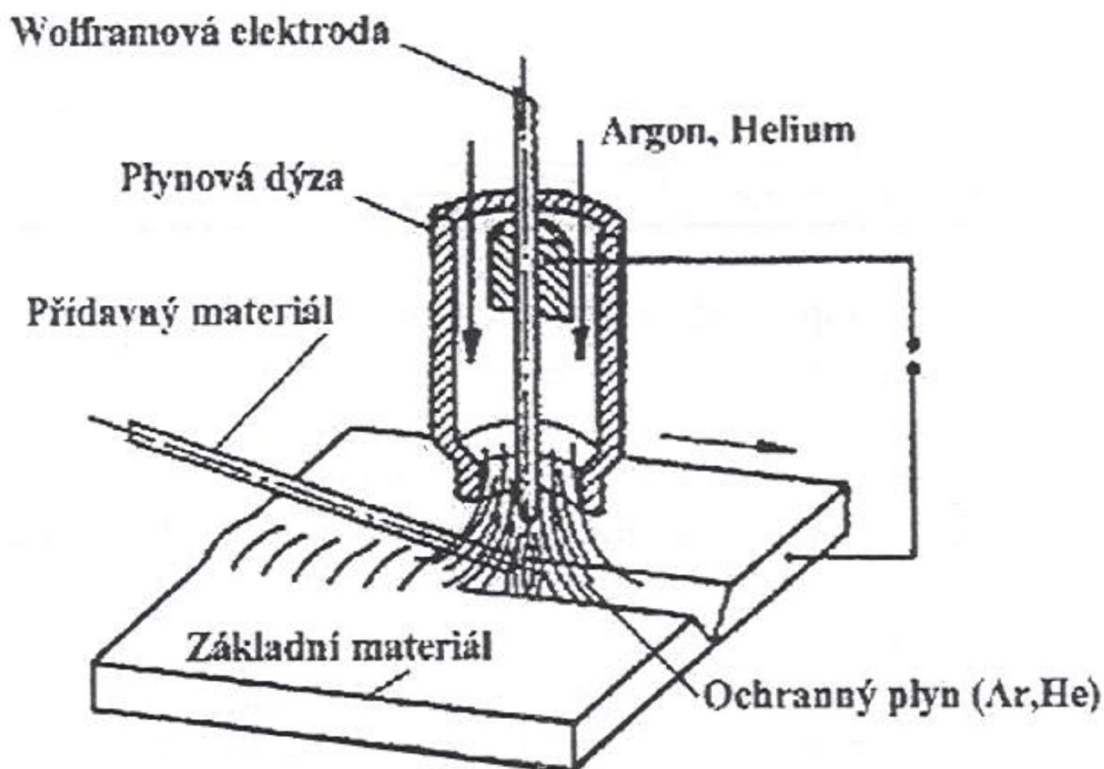
Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu se uplatňuje v současné době ve všech oborech svařovaných konstrukcí a technických zařízení. Jeho podíl využití se neustále zvětšuje, neboť proti jiným technologiím svařování má následující výhody:

- svarová lázeň je chráněna proti nepříznivým účinkům okolní atmosféry
- zlepšení hygieny prostředí
- možnost svařovat ve všech polohách

Tato metoda se s výhodou používá při svařování neželezných kovů, korozivzdorných a jiných vysokolegovaných, legovaných, nízkolegovaných i nelegovaných ocelí, a to jak pro automatické svařování nejnáročnějších svarů v jaderné energetice, letecké a kosmické technice, tak pro automatové i ruční svařování v malosériové výrobě a při montážních pracích.

4.1.1. Princip metody

Princip svařování netavící se elektrodou v inertním plynu spočívá ve vzniku a hoření oblouku mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem, přičemž svarová lázeň, elektroda a nejbližší okolí jsou chráněny inertním plynem před účinky okolní atmosféry (hlavně kyslíku a dusíku). Netavící se elektrody je čistě wolframová nebo s aktivující přísadou a jako ochranný inertní (netečný) plyn se používá argon, helium, případně jejich směsi.



Obr. 4.1. Princip metody TIG

Zdrojem tepla při svařování metodou TIG je elektrický oblouk. Místním natavením svarových ploch základního materiálu a odtavením potřebného množství přídavného materiálu se vytvoří svarová lázeň, která v dalším okamžiku tuhne a vytváří tak požadovaný nerozebíratelný spoj mezi spojovaným základním materiálem.

4.1.2. Ochranné plyny

Zabezpečují při svařování metodou TIG ochranu wolframové elektrody, tavné lázně a přilehlého základního materiálu před účinky okolní atmosféry. Zároveň mají vliv na tepelný výkon svařovaného oblouku, jeho zapálení a stabilitu po celý čas svařovacího procesu.

Pro svařování vysokolegovaných ocelí se používají inertní ochranné plyny jako argon, helium, nebo jejich směsi. Z hlediska kvality svarového spoje je nutné zvážit, jaký ochranný plyn se bude pro daný typ materiálu používat.

Pro námi daný typ svaru by byl z ekonomického hlediska jako nejvýhodnější ochranný plyn čistý argon, který je pro tento typ svaru dostačující.

Označení argonu dle ČSN EN 439: **Ochranný plyn EN 439 I1**

I – označení pro inertní plyn

1 – identifikační číslo pro čistý argon

4.1.3. Přídavné materiály

Volí se podle chemického složení základního materiálu, mechanických vlastností základního materiálu, požadovaných vlastností svarového spoje a typu svarového spoje. Základní požadavek je, že svarový kov musí mít stejné nebo lepší vlastnosti jako základní materiál.

Požadavky na rozměry přídavných materiálů stanovuje norma ČSN EN 20544.

Jako příklad přídavného materiálu lze uvést tento drát od výrobce ESAB Vamberk:

OK Tigrod 316 H

Chemické složení (hm. v %):

C –	0,06
Mn –	1,8
Si –	0,5
Cr –	19
Ni –	12

Nejmenší mez v tahu R_m : 550 Mpa

Nejmenší mez kluzu R_e : 350 Mpa

Nejnižší tažnost A_5 napříč: 43%

4.2. Svařování MIG

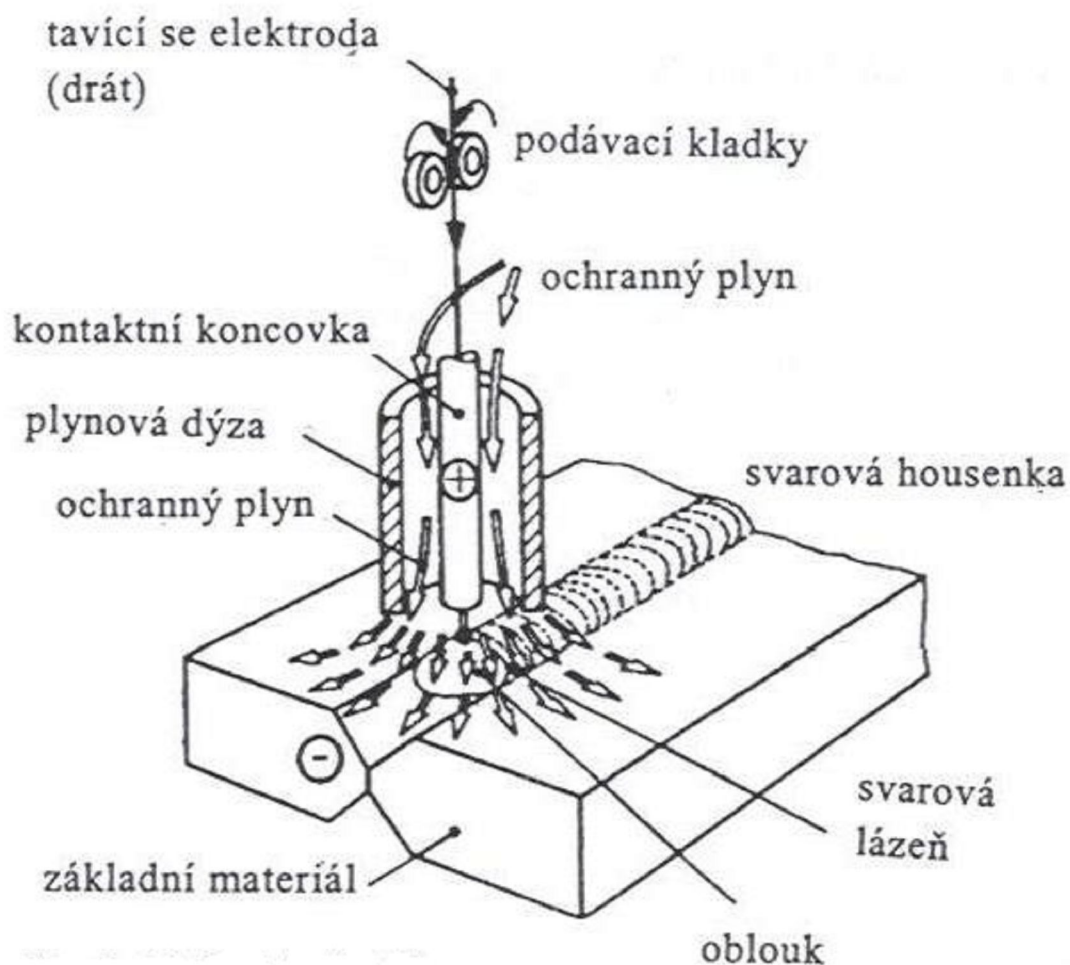
Svařování v ochranných plynech tavící se elektrodou, uváděné jako proces MIG, nacházejí ve výrobě ocelových konstrukcí a technických zařízení i při jejich opravách široké využití jako nosné technologie spojování materiálů. Svařování MIG se používá u spojování vysokolegovaných a neželezných kovů.

Přednosti před jinými technologiemi:

- vysoká produktivita a hospodárnost provádění spojů
- dobrá operativnost i při svařování v polohách
- nevyžaduje použití tavidel
- vhodnost pro ruční i automatizované provádění procesu svařování
- možnost využití u širokého sortimentu konstrukčních materiálů
- příznivé vlastnosti svarových spojů
- nízké investiční náklady na realizaci metody v klasickém provedení
- malé deformace svarových spojů a svařovaných konstrukcí
- příznivé podmínky pro uplatnění v praxi (dostupnost svářečské techniky, přídavných materiálů a technických plynů)

4.2.1. Princip metody MIG

Zdrojem tepla pro svařování je elektrický oblouk, který hoří mezi koncem tavící se elektrody (drátu) a základním materiálem, v prostředí inertního (netečného) plynu argonu (Ar), helia (He), případně $\text{Ar} + \text{H}_2$. Tavná lázeň a její nejbližší okolí (tepelně ovlivněná oblast) je chráněna před nepříznivým vlivem okolní atmosféry (hlavně kyslíku O_2 a dusíku N_2).



Obr. 4.2. Princip metody MIG

4.2.2. Ochranné plyny

Plní ochrannou funkci konce tavicí se elektrody, svarové lázně a vysokoohřáté oblasti základního materiálu před škodlivými účinky vzdušné atmosféry. Pro MIG svařování se volí vzhledem k vysocelegovanému materiálu také inertní plyn, argon, který zajistí kvalitní ochranu před atmosférou.

4.2.3. Přídavné materiály

Pro MIG svařování se používají drátové elektrody vhodného chemického složení a operativních svařovacích vlastností. Dodávají se navinuté na spec. cívkách a ve vhodných obalech zabraňujících poškození a znehodnocení.

Taktéž u tohoto typu svařování je základní požadavek, že svarový kov musí mít stejné, nebo i lepší vlastnosti než základní materiál.

Jako příklad přídavného materiálu lze uvést tento drát od výrobce ESAB Vamberk:

OK Autroid 309L

Chemické složení (hm. v %):

C –	0,03
Mn –	1,8
Si –	0,5
Cr –	24
Ni –	13

Nejmenší mez v tahu R_m : 600 Mpa

Nejmenší mez kluzu R_e : 440 Mpa

Nejnižší tažnost A_5 napříč: 41%

4.3. Vady svarových spojů

Vady ve svarových spojkách snižují jakost a mohou svar zcela znehodnotit. Rozlišujeme je na vnější a vnitřní. Příčin může být mnoho, např. špatná technologie svařování, špatná příprava svarových ploch, nesprávná volba materiálu, nevhodný průměr elektrod

Mezi vady možné u toho svařování patří:

- trhliny: patří mezi nejnebezpečnější. Jsou ve svaru, nebo přechodové oblasti. Nutnost opravy, nebo vyřazení z provozu.
- dutiny: vznikají vylučováním plynů ve svarové lázni při chladnutí
- studený spoj: ve svarovém spoji vznikne místo, kde jsou plochy částečně, či vůbec nenatavené. Jedná se o nebezpečný typ vady, ovlivněný svářečem.
- neprovařený kořen: vzniká v případě, když nejsou dostatečně nataveny plochy v kořeni a nespojí se svarovým kovem. Významně oslabí nosný průřez.
- vruby a zápaly: povrchové vady na okraji svarové housenky. Snižují odolnost proti dynamickému namáhání. Vrub je místem koncentrace napětí a počátkem vzniku trhliny.
- přesazený kořen: vzniká nesprávným slícováním svarových ploch nebo při svařování základního materiálu různé tloušťky. Může působit podobně jako vrub.

Norma pro specifikace vad je ČSN EN ISO 5817 „Jakost při svařování“

4.4. Kontrola svarů

Svařování naftové nádrže podléhá drážnímu předpisu ČD V95/5, kde je zařazení do skupiny I. U těchto konstrukčních dílů a jejich součástí je předepsána nedestruktivní zkouška v rozsahu 100% ve výrobní dokumentaci.

Mezi nedestruktivní zkoušky patří:

- vizuální metoda
- penetrační metoda
- magneticko prášková metoda
- radiologická metoda
- ultrazvuková metoda

Vzhledem k tomu, navrhovaná nádrž je z nemagnetovatelného materiálu a po kompletaci svařence i z těžko přístupnými svary je jako nejvýhodnější kombinace vizuální a penetrační metody.

4.4.1. Vizuální kontrola

Je to nejjednodušší nedestruktivní zkouška, která má za úkol zjistit případné zjevné povrchové vady a ověřuje podmínky pro případnou další nedestruktivní zkoušku. Používají se k ní jednoduché optické přístroje. Má za úkol zjistit povrchové makroskopické vady, tedy vady povrchu (trhliny, studené spoje, neprovařené kořeny ...) Tuto metodu lze provádět přímo, za pomoci např. lupy, nebo nepřímo, za pomoci optických, nebo optoelektronických přístrojů a zařízení, tzv. endoskopů. Podrobné podmínky řeší ČSN EN ISO 5817.

4.4.2. Penetrační metoda

Vzhledem k fyzikálnímu principu lze tuto zkoušku provádět pro vady, které souvisí s povrchem a jsou otevřené, aby do nich mohla vniknout detekční kapalina. Podstatou této metody je použití vhodné kapilárně aktivní kapaliny, která pronikne do vady. Po odstranění jejího přebytku vzlíná kapalina do nanesené vývojky, takže se necelistvost zviditelní.

Penetrační metody rozlišujeme na:

- metodu barevné indikace (přítomnost vady se zviditelní vznikem barevné indikace)
- metodou fluorescenční (vada se projeví světélkováním vyvolanou černým světlem)
- metodou dvouúčelovou (kombinace dvou předchozích variant)

Způsoby použití penetrační (kapilární) metody jsou uvedeny v ČSN EN 1289.

4.5. Bezpečnost práce a hygiena při svařování

Při svařování výše uvedenými metodami je třeba respektovat a dodržovat všeobecné zásady pro tavné svařování kovů, uvedené v ČSN 05 0600“ Svařování. Bezpečnostní

ustanovení pro svařování kovů. Projektování a příprava pracovišť.“, ČSN 05 0601“Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro svařování kovů.Provoz.“ a ČSN 05 0630“ Svařování. Bezpečnostní ustanovení pro obloukové svařování kovů.“.

Na svářečských pracovištích jsou téměř vždy velmi vysoké teploty, roztavený kov, zplodiny a aerosoly. Je tedy nutné včas a s dostatečnou účinností volit prostředky ke snížení hrozícího nebezpečí. Proto se musí na svářečských pracovištích provádět bezpečnostní prohlídky, opatření, kontroly a revize zařízení, účinné odvětrávání a dodržování střídání a přestávek pro pracovníky dle zásad bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci

5. Detailní technologické postupy pro svařování svarových spojů nádrže

Vzhledem k nynějším možnostem a vybavení výrobního závodu je z vybíraných možností způsobu svařování naftové nádrže výhodnější použít variantu se svařováním metodou MIG. Svářečky pro tento typ svařování již ve výrobním závodu jsou a jedním z dalších důvodů pro zvolení této metody je víceméně kusová výroba těchto naftových nádrží, kdy by se pravděpodobně nevyplatilo pořizovat svářecí soupravu a výbavu pro svařování metodou TIG. Aby se dalo svařovat metodou MIG je nutné pouze vybavit pracoviště svářeče navíc pouze přídavným materiálem (svařovacím drátem) a příslušným inertním plynem.

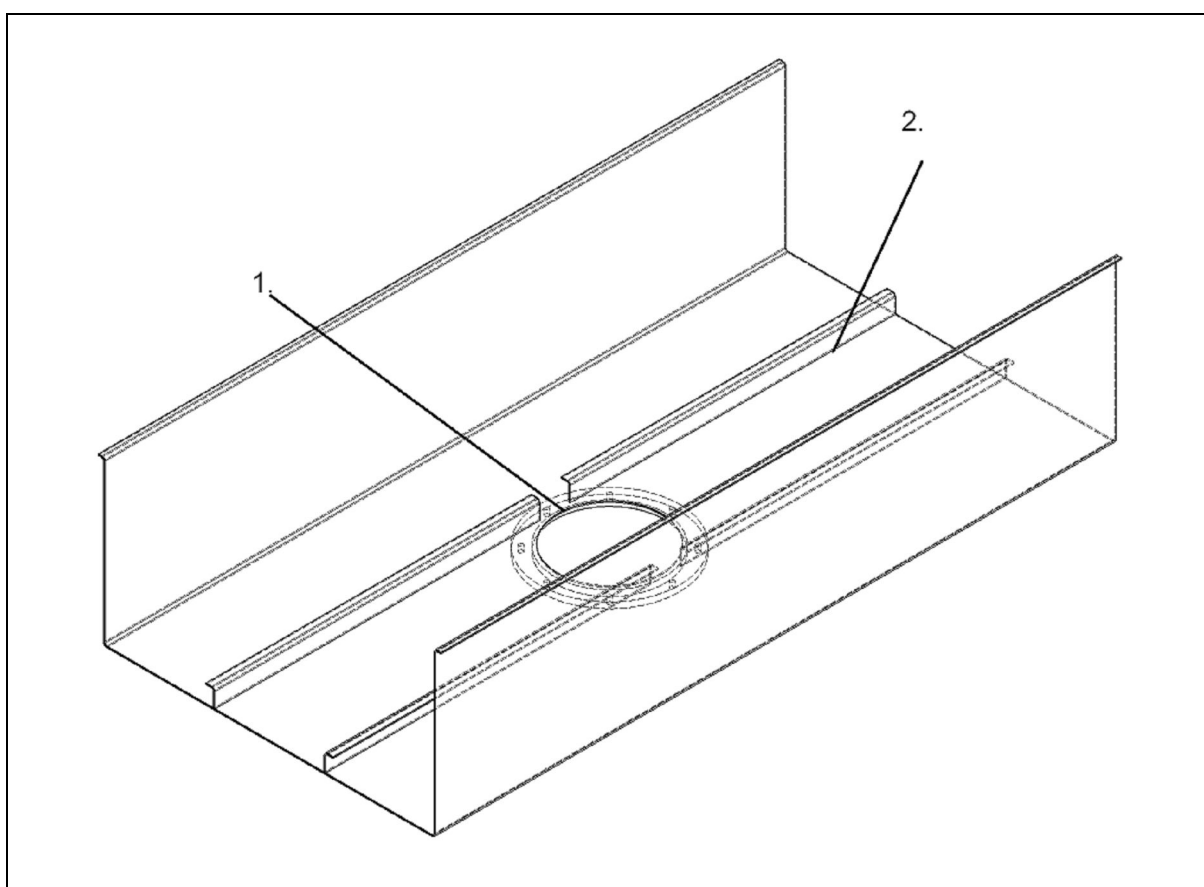
K výrobě bude nutný prostor, kde by se dala tato nádrž při jejím svařování polohovat, aby bylo možné svařovat pokud možno v polohách PA a PB dle ČSN EN ISO 6947. Toto by bylo nejvýhodnější z hlediska kvality jednotlivých svarů.

Kompletní naftová nádrž bude sestavena z dílů, uvedených na těchto výkresech:

Název výkresu	Číslo výkresu	
Palivová nádrž 450L – kompletace –nerez provedení	06-95-0-4544	celková sestava viz. příloha
Palivová nádrž 450L – svařenec – nerez provedení	06-95-0-4545	celková sestava viz. příloha

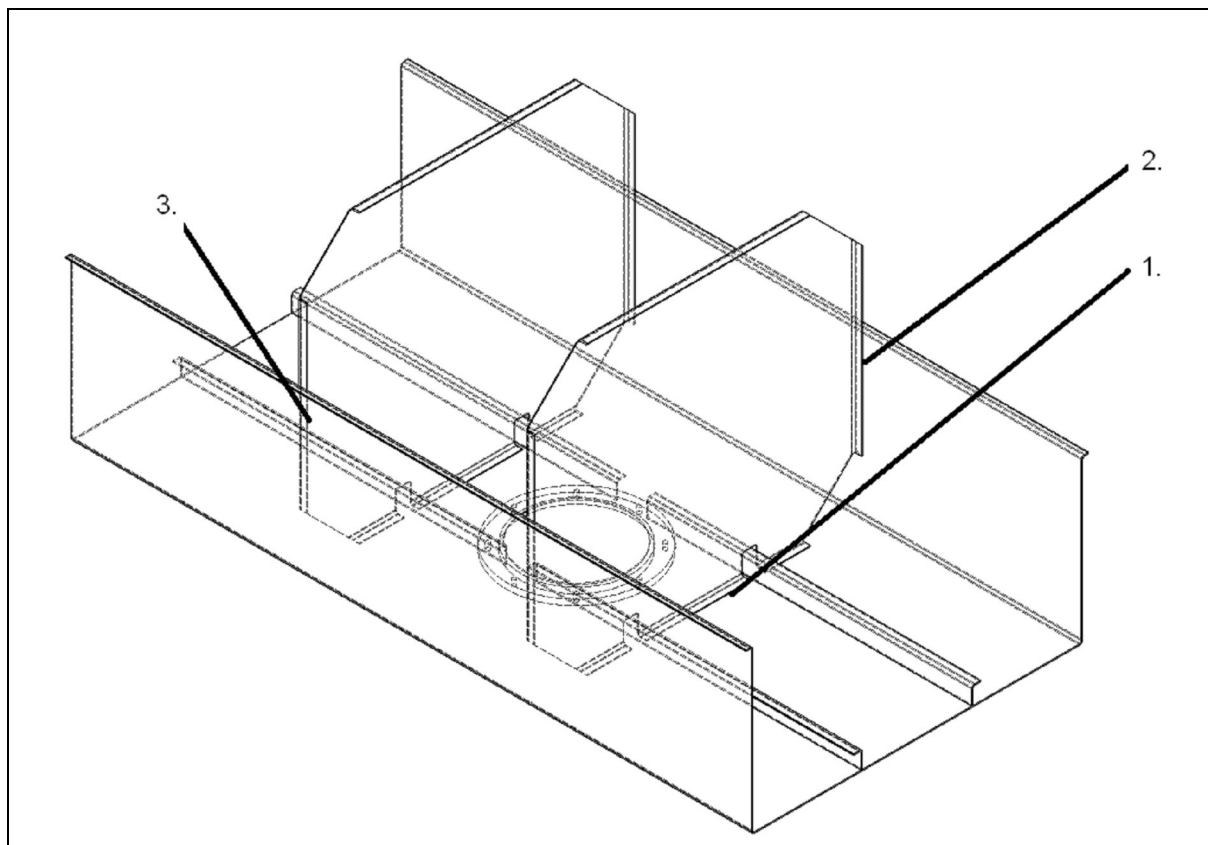
- 1) Nastříhat plech předepsané jakosti dle jednotlivých výkresů.
- 2) Vrtat díry $\varnothing 8$ mm, $\varnothing 10,5$ mm, vypálit plazmou, nebo vodním paprskem $\varnothing 88$ mm do horního dílu nádrže, vypálit plazmou, nebo vodním paprskem $\varnothing 186$ mm do spodního dílu nádrže, vrtat díry $\varnothing 25$ mm, vypálit plazmou, nebo vodním paprskem $\varnothing 70$ mm do bočnice „1“ a bočnice „2“. Frézovat otvor do patek.

- 3) Plech pro výztuhy, přeječníky, patky, spodní a horní díl ohnout dle výkresů.
- 4) Ustavit dolní kroužek (dle obr č. 5.1. svar č.1.) pro odkalovač a přivařit dle **WPS č. 2009/1** koutovým svarem velikosti a1,5, polohovat a přivařit výztuhy dna (dle obr č. 5.1. svar č.2.) dle **WPS č. 2009/2** koutovým svarem velikosti a1. Před svařováním výztuh plech nabodovat s roztečí 100 mm, aby nedocházelo k otevírání svarové mezery. Vařit střídavým krokem o délce 40mm v rozteči 30mm.



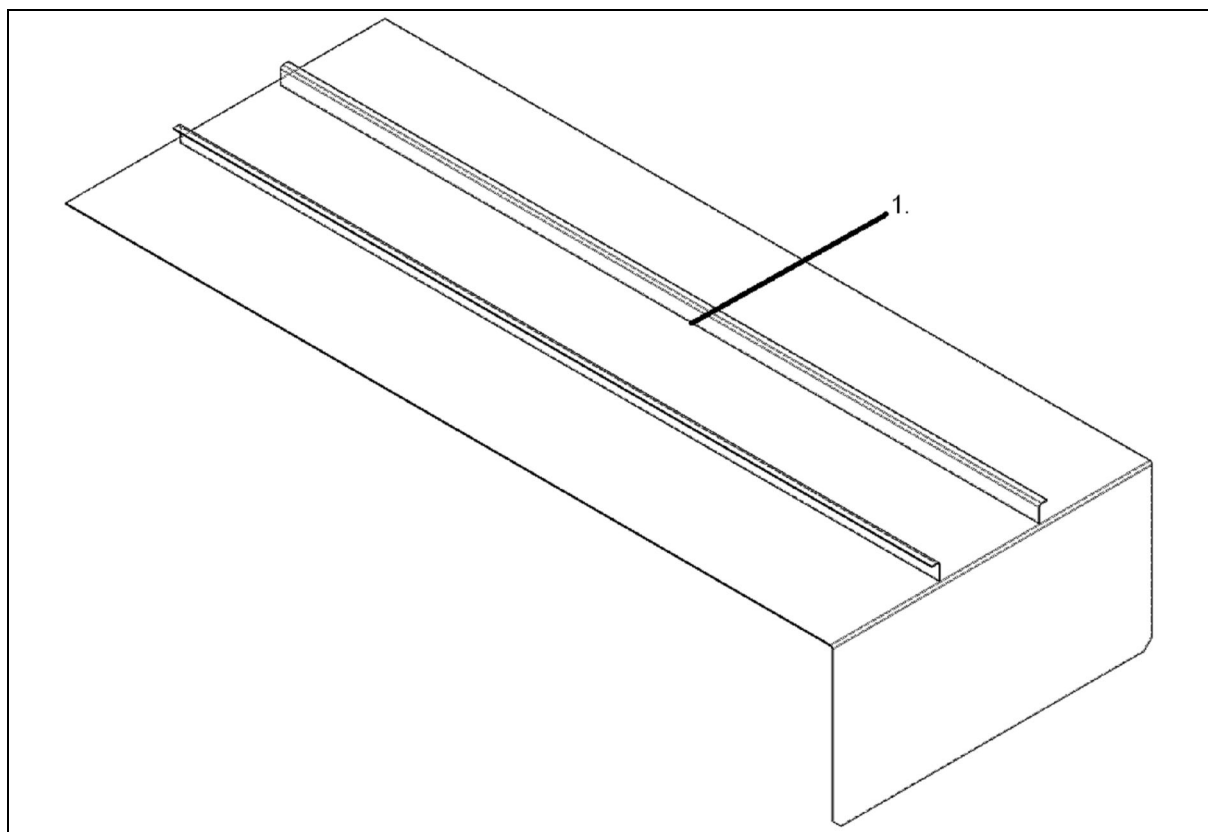
Obr.č. 5.1. Schéma přivaření dolního kroužku odkalovače a výztuh I

- 5) Ustavit přeječníky „I“. Z důvodu lepšího přístupu je nutné začít svařovat nejprve přeječník, který je vzdálenější od svářeče z pozice svařování, z důvodu lepšího přístupu k svařované součásti. Svary pokládat v pořadí (dle obr č. 5.2. svar č 1.), (dle obr č. 5.2. svar č 2.), dle obr č. 5.2. svar č (3.). Pořadí svarů (dle obr č. 5.2. svar č 2.) a (dle obr č. 5.2. svar č 3.) lze prohodit podle možností manipulace s polotovarem. Svary provádět v souladu s **WPS č. 2009/3** koutovým svarem velikosti a1.



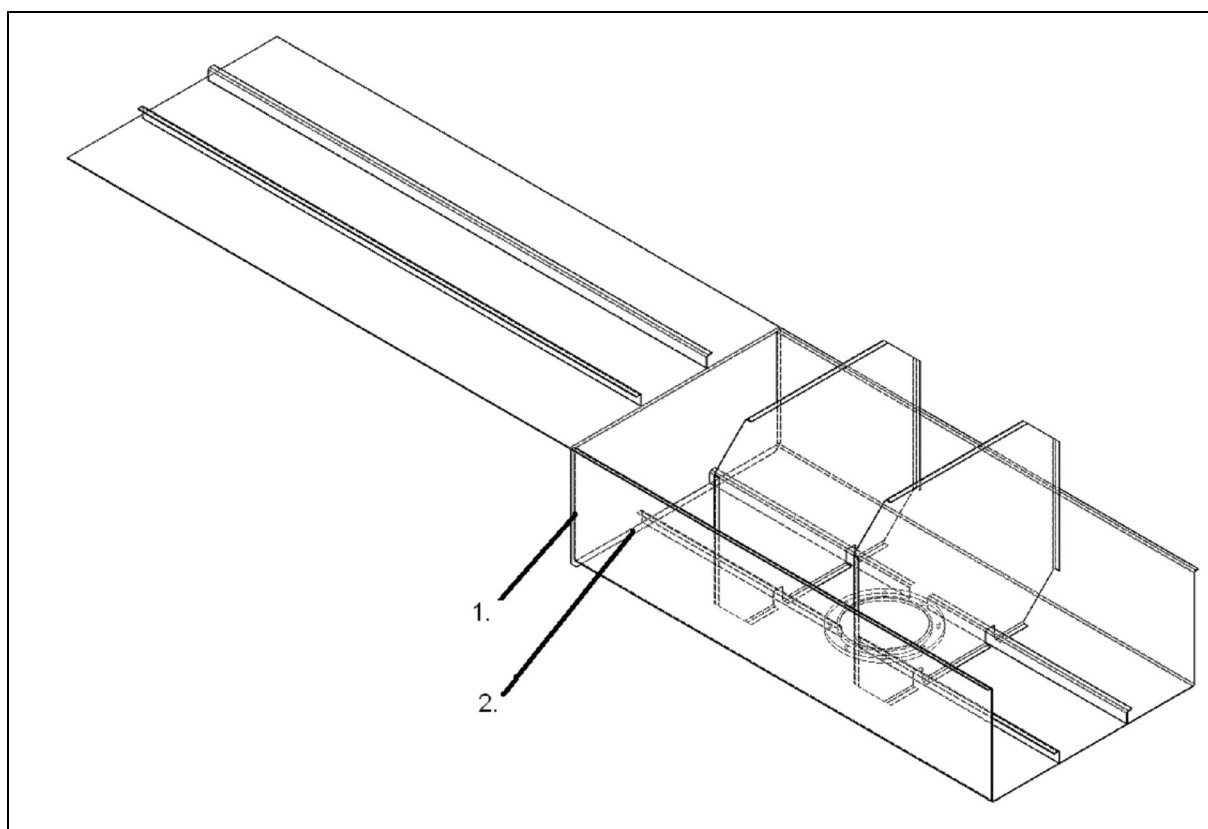
Obr.č. 5.2. Schéma přivaření přeječníků I

- 6) Dle výkresu ustavit a přivařit výztuhy vyvýšeného dna(dle obr č. 5.3. svar č.2.) dle **WPS č. 2009/2** koutovým svarem velikosti a1. Před svařováním výztuh plech nabodovat s roztečí 100 mm, aby nedocházelo k otevírání svarové mezery.Vařit střídavým krokem o délce 40mm v rozteči 30mm.



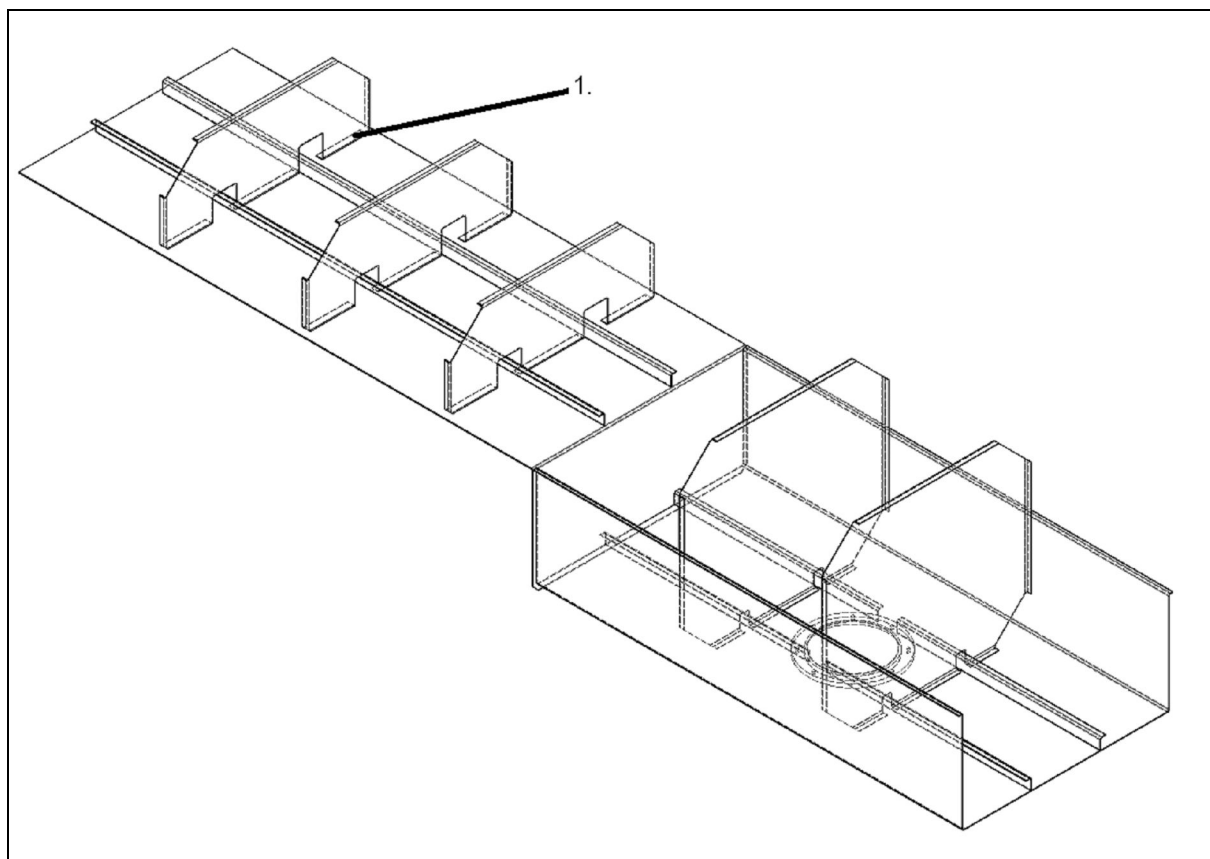
Obr.č. 5.3. Schéma přivaření výztuh II

- 7) Zvláštní ohled je třeba brát na ustavení vzájemné rovinnosti dna a spodního dílu vzhledem k tomu, že na ně bude posléze navazovat horní díl nádrže. Svařovat prvně boky (dle obr. č. 5.4. svar č.1.) a to směrem od části přiléhající k hornímu dílu a následně po polohování svařit spodní hranu nádrže (dle obr. č. 5.4. svar č.2.). Svařovat v souladu s **WPS č. 2009/4** koutovým svarem velikosti a1,5.



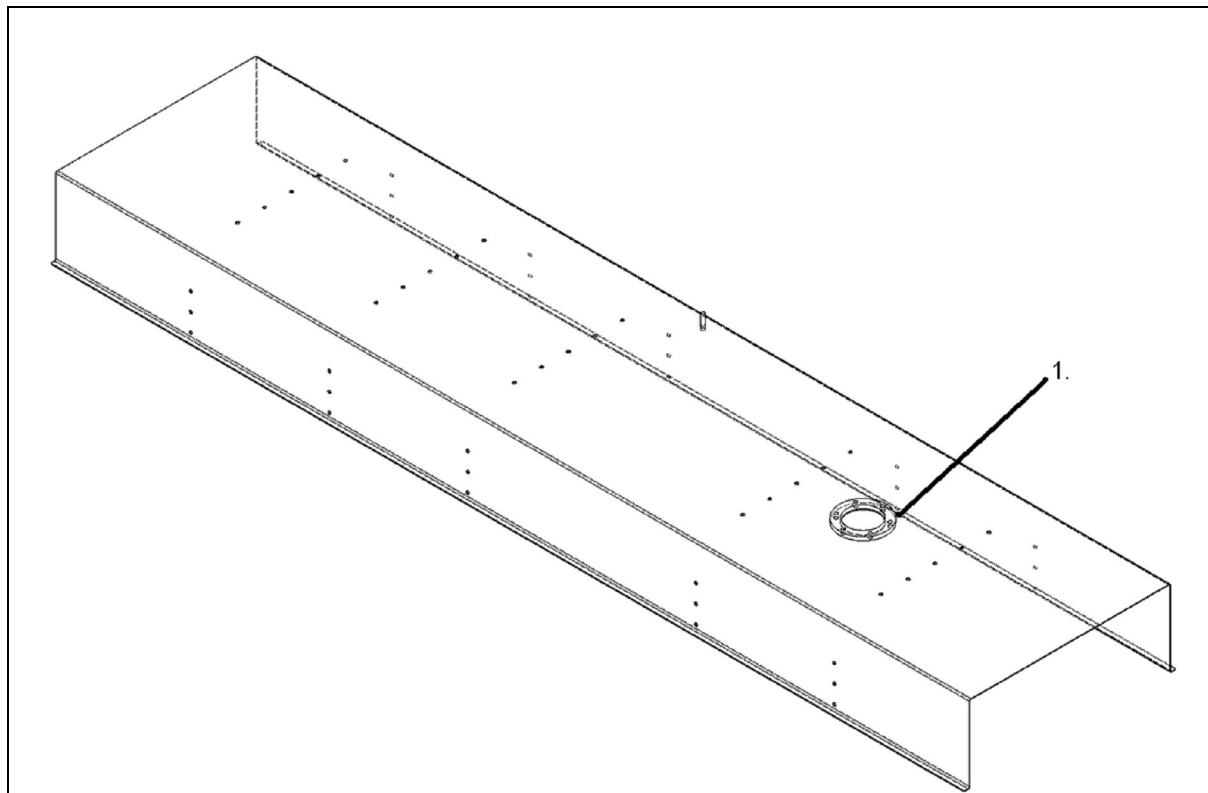
Obr.č. 5.4. Schéma přivaření výztuh II

- 8) Postupně ustavit dle výkresu. Doporučeno svařovat v pořadí peřejníků „II“ směrem od středu polotovaru. Důvodem bude lepší přístupu svářeče. Svařovat dle **WPS č. 2009/3** koutovým svarem velikosti a1.



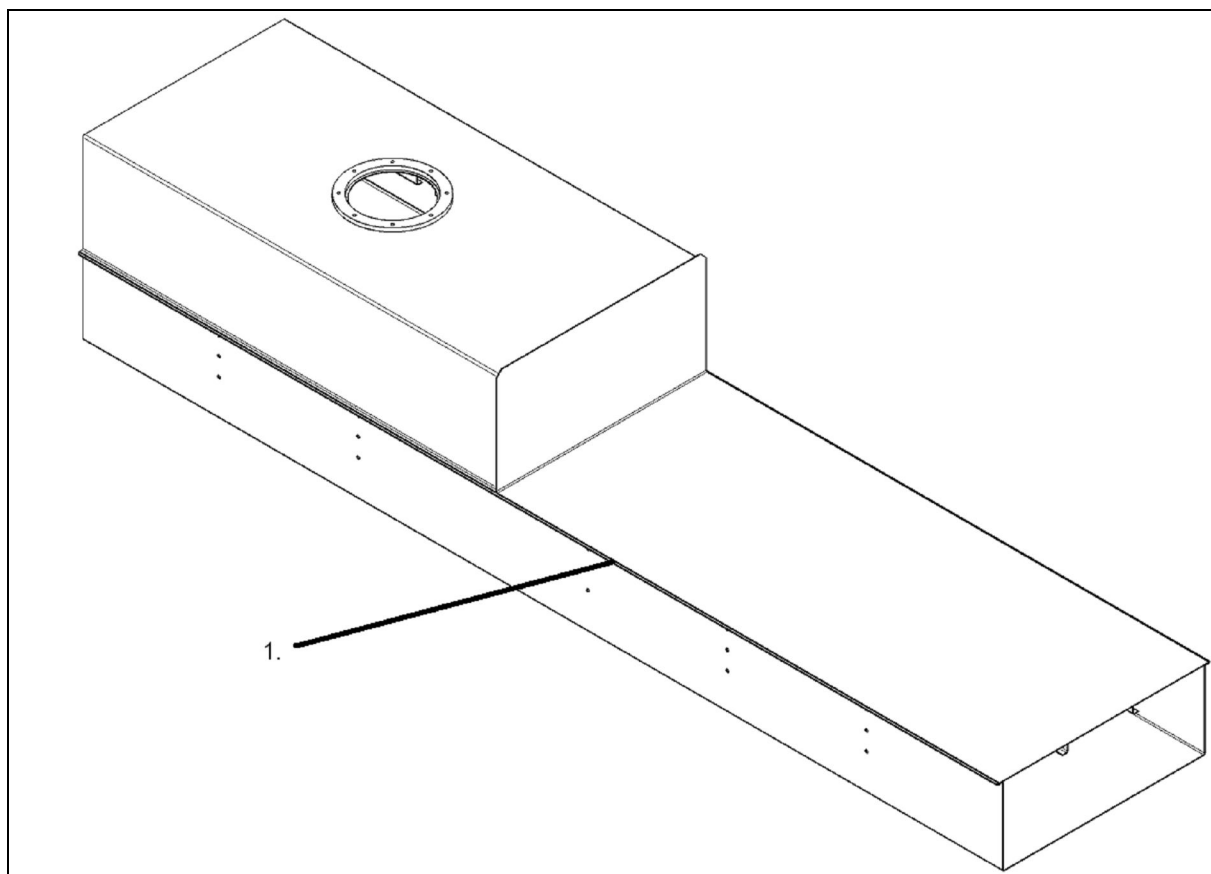
Obr.č. 5.4. Schéma přivaření peřejníků „II“

9) Dle výkresu ustavit. Svařovat dle **WPS Č. 2009/1** koutovým svarem velikosti a1,5.



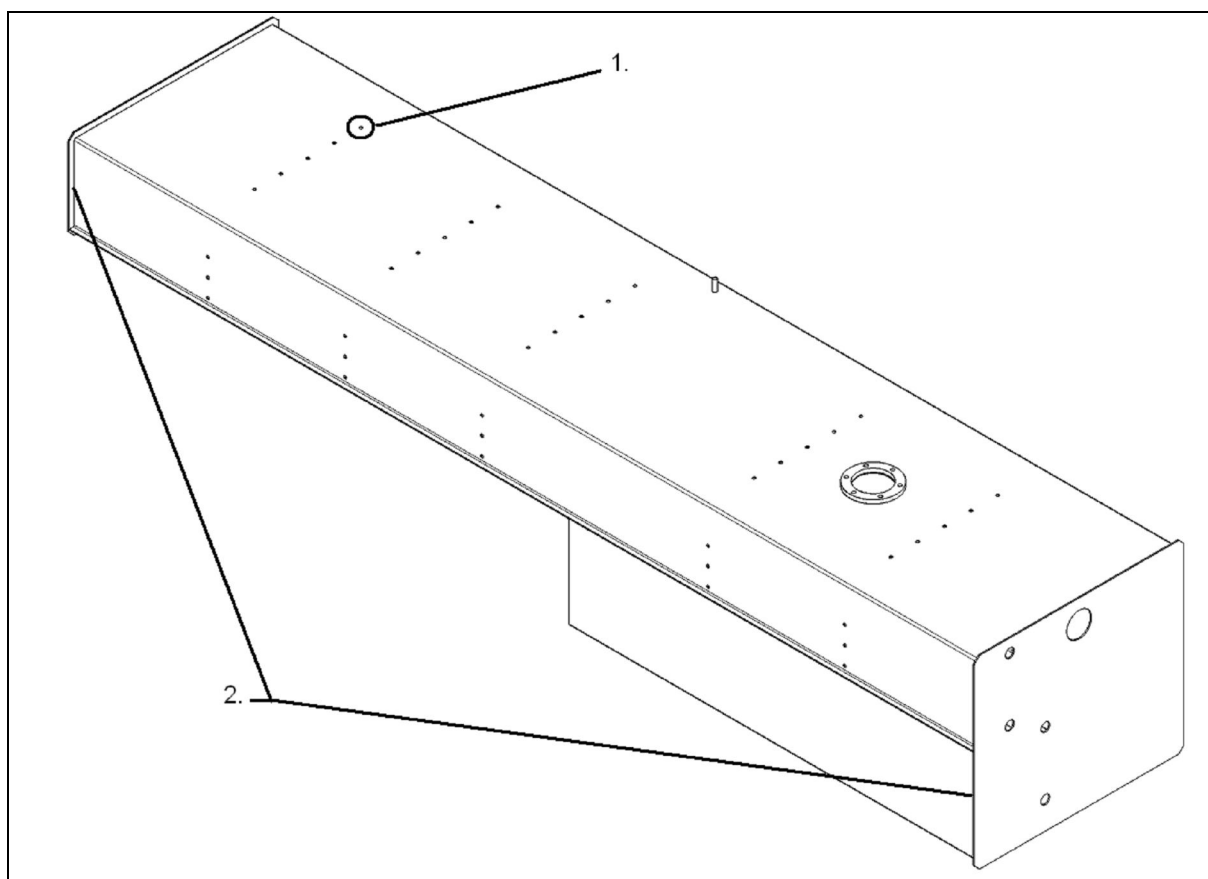
Obr.č. 5.5. Schéma přivaření horního kroužku.

- 10) Dle výkresu polohovat a ustavit . Před svařováním nabodovat v rozteči 50 mm, aby nedocházelo k otvírání svarové mezery. Svařovat dle **WPS č. 2009/5** koutovým svarem velikosti a1,5.



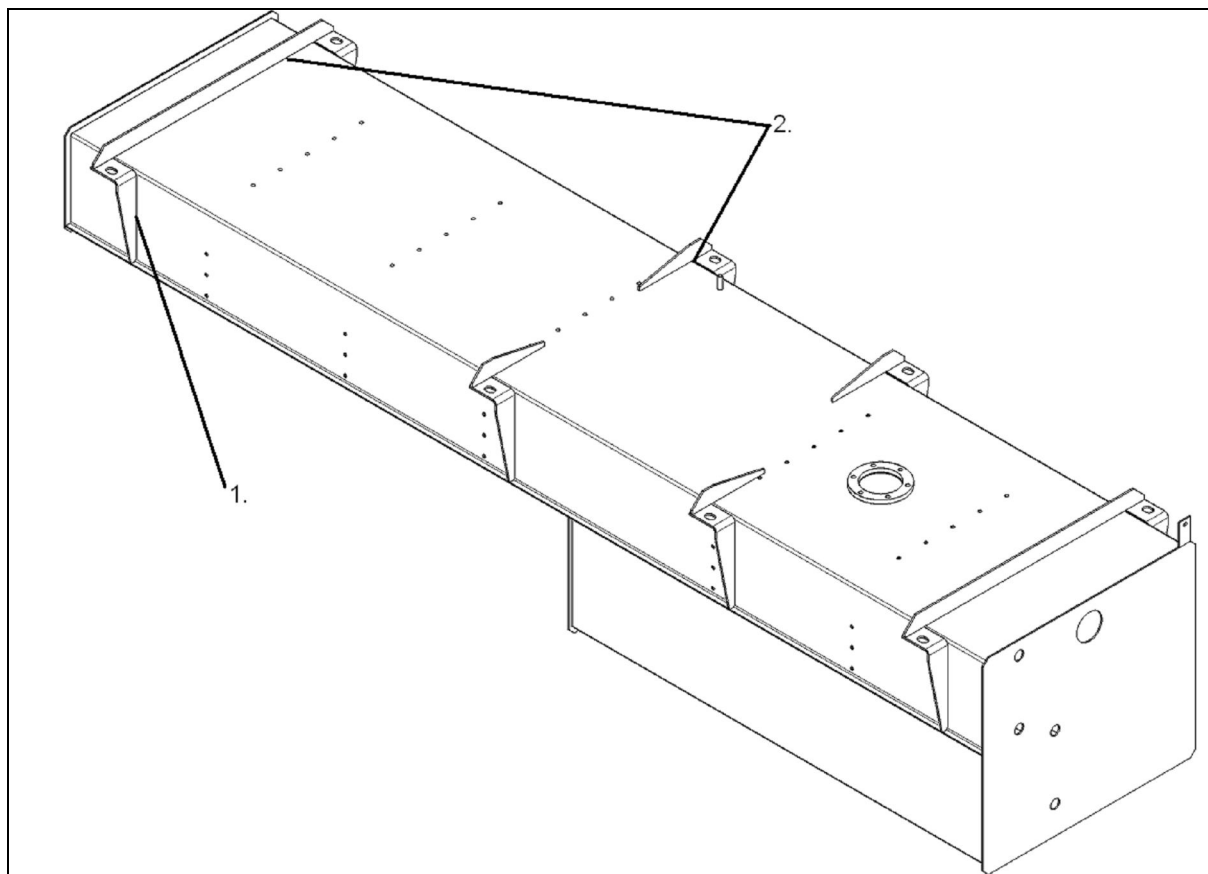
Obr.č. 5.6. Schéma svaření horního dílu, spodního dílu a dna

- 11) Dle výkresu ustavit. Nejprve provést svary děrových spojů (dle obr č. 5.7. svary č.1). Svařovat v souladu s **WPS č. 2009/6**. Před samotným svařováním bočnic plech nabodovat v rozteči 100 mm. Na polotovar přivařit bočnice (dle obr č. 5.7. svar č.2). Svařovat v souladu s **WPS č. 2009/7** koutovým svarem velikosti a1,5. Dle potřeby polohovat polotovar pro dosažení předepsané polohy svařování.



Obr.č. 5.7. Schéma svaření děrových spojů vrchního dílu s peřejníky a kompletace bočnic

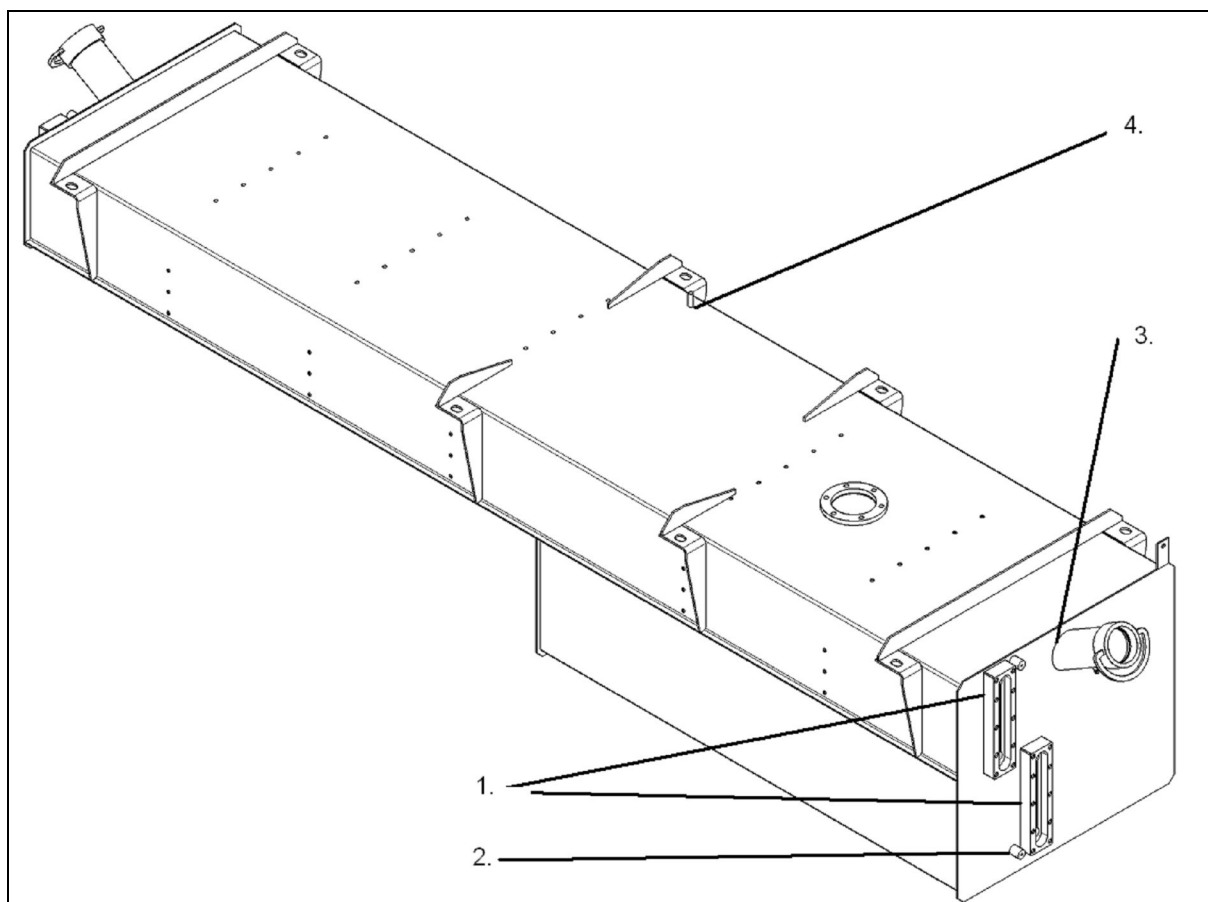
- 12) Ustavit dle výkresu. Začít se svařováním držáků (dle obr č. 5.8. svar č.1). Polohovat dle potřeby. Svařovat dle **WPS č. 2009/8** koutovým svarem velikosti a1,5. Následně ustavit a svařit výztuhy přiléhající k držákům (dle obr č. 5.8. svar č.2). Svařovat dle **WPS č. 2009/8** koutovým svarem velikosti a1,5.



Obr.č. 5.8. Schéma svaření držáků a výztuh

13) Ustavit dle výkresu.

- a) Svařovat tělesa naftoznaků k bočnicím (dle obr č. 5.9. svar č.1) dle **WPS č. 2009/9** koutovým svarem velikosti a1,5.
- b) Svařovat patky k bočnicím (dle obr č. 5.9. svar č.2) dle **WPS č. 2009/9** koutovým svarem velikosti a1,5.
- c) Svařovat hrdlo nádrže (dle obr č. 5.9. svar č.3) dle **WPS č. 2009/10** koutovým svarem velikosti a1,5.
- d) Svařovat trubku pro odvzdušňovací hadici (dle obr č. 5.9. svar č.4) dle **WPS č. 2009/9** koutovým svarem velikosti a1,5.



Obr.č. 5.8. Schéma svaření naftoznaků, patky, hrdla nádrže a trubky pro odvzdušňovací hadici

6. Metodika pro ověření vlastností nosných svarových spojů

Z hlediska nosnosti jsou pro tento typ naftové nádrže důležité dva koutové svary. Jedná se o svaření horního dílu, dolního dílu a dna (dle obr. č.6.1. svar 1.) a svaření držáku k hornímu dílu nádrže. Pro ověření vlastností byly vybrány tyto dvě metody. Jedna teoretická, která spočívá ve výpočtu dovoleného napětí ve výše zmíněných svarech a druhá, která patří mezi destruktivní zkoušky a to metalografická zkouška.

6.1. Výpočet pevnosti svarového spoje.

6.1.1. Účinný průřez svaru

Při samotném výpočtu se svar uvažuje jako součást průřezu. Je stanoven předpoklad, že ve svarech je stejný průběh namáhání jako v okolním materiálu. Neuvažuje se převýšení povrchu a kořene svaru, ani jeho případné podložení. S ohledem na možné nepravidelnosti a vady se u svarových spojů uvažuje větší bezpečnost, než pro základní materiál. Znamená to, že u svarového spoje se připouští nižší dovolené napětí než u základního materiálu.

Výpočet velikosti svaru je založen na předpokladu, že jeho účinný průřez je dostatečně veliký k přenášení normálových a smykových napětí od extrémních zatížení při jejich nejnepříznivější kombinaci. Ve výpočtu se uvažují pouze svary, které mají takovou polohu a jakost provedení, že se mohou podílet na přenosu zatížení.

U koutového svaru se jako výpočtová výška svaru uvažuje délka výšky nejvyššího rovnoramenného trojúhelníku vepsaného do průřezu. Účinný průřez koutového svaru A_w se vypočte podle vztahu:

$$A_w = a * l \quad (\text{mm}^2)$$

a ... výpočtová výška svaru

l ... výpočtová délka svaru

6.1.2. Napětí ve svarech

Při zatížení svaru o účinném průřezu A_w vnější normálovou silou kolmou na průřez A_w vznikne v tomto průřezu normálové napětí σ o velikosti:

$$\sigma = \frac{F}{A_w}$$

F ... vnější síla (N)

A_w ... účinný průřez svaru (mm^2)

Působí-li síla F rovnoběžně s plocho průřezu vznikne v průřezu A_w smykové napětí τ o velikosti

$$\tau = \frac{F}{A_w}$$

F ... vnější síla (N)

A_w ... účinný průřez svaru (mm^2)

6.1.3. Výpočet napětí ve sledovaných svarech

Za předpokladu plné nádrže bude hmotnost činit asi 600 kg s rezervou. Při výpočtu dovoleného napětí u dynamicky namáhaných svarových spojů se vychází z meze únavy. Součinitel bezpečnosti se u dynamického zatížení volí $n = 1,5$ až 3.

σ ...	normálové napětí	(530 Mpa)
σ_{DSV} ...	dovolené normálové napětí	
τ ...	smykové napětí	(196Mpa)
τ_{DSV} ...	dovolené smykové napětí	
n ...	součinitel bezpečnosti	(volím 3)
α	podle druhu svaru (0,65 – 1)	(volím 0,65)

$$\sigma_{DSV} = \alpha * \sigma_D = \alpha * \frac{R_m}{n} = 114 \text{ Mpa}$$

Platí pro největší dynamické zatížení.

$$\tau_{DSV} = \alpha * \tau_D = \alpha * \frac{R_E}{n} = 42 \text{ Mpa.}$$

Platí pro největší dynamické zatížení

a) výpočet pro svar mezi horním dílem, dolním dílem a dnem naftové nádrže.

Jedná se o normálové napětí.

$$m = 600 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$l = 2548 * 2 \text{ (mm)}$$

$$a = 1,4 \text{ mm}$$

$$A_w = a * l = 7134,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A_w} = \frac{m * g}{A_w} = 0,8 \text{ Mpa}$$

Povolené napětí v tahu je 114 Mpa. Svar vyhovuje.

b) výpočet pro svar mezi horním dílem a držákem

Jedná se o smykové napětí. Bude počítáno pro jeden držák. Na nádrži jich je pravidelně rozmístěno 8.

$$m = 600 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$l = 213 * 2 \text{ (mm)}$$

$$a = 1,4 \text{ mm}$$

$$A_w = a * l = 426 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A_w} = \frac{m * g}{A_w} = 13,8 \text{ Mpa}$$

Povolené napětí ve smyku je 42 MPa. Svar vyhovuje.

6.2. Metalografická zkouška svarového spoje

Provádí se při ověřování stavu struktury svarových spojů. Lze je zhruba rozdělit podle použitého zvětšení na ověření makrostruktury a mikroskopická pozorování s použitím optického, nebo elektronového mikroskopu. Před každým pozorováním je nutné provést dokonalou přípravu zkoušeného vzorku. Tato se skládá z vhodného odběru vzorku, jeho postupného broušení na metalografických papírech s klesající zrnitostí a jeho leštění, případně leptání chemickými, nebo elektrolytickými postupy. Výsledky se zpravidla dokladují fotografiemi.

6.2.1. Makrostruktura svarového spoje

Jeho podstatou je naleptání předem vybroušeného povrchu pro vyvolání makrostruktury. Nejčastěji se používají leptadla s 10% roztokem kyseliny dusičné, nebo persíranu amonného.

Zkoumanou část kontrolujeme okem, lupou, nebo optickým mikroskopem. Zkoumaný vzorek musí obsáhnout základní materiál neovlivněný svařováním, obě tepelně ovlivněné oblasti a svarový kov. Při zkoušce makrostruktury posuzujeme zejména:

- tvar svaru
- provaření kořene svaru
- výskyt defektů ve svaru
- šířku tepelně ovlivněné oblasti

6.2.2. Mikrostruktura svarového spoje

a) kvalitativní mikrostrukturní rozbor

Zde se zkoumá mikrostruktura jednotlivých oblastí svarového spoje na vhodně připravených metalografických výbrusech zkušebních vzorků s použitím optických mikroskopů se zvětšením 30x až 2000x. Mikrostrukturní rozbor zahrnuje odpovídající přípravu metalografických výbrusů zkušebních vzorků, vyvolání mikrostruktury materiálu vhodným leptáním, pozorováním mikrostruktury v optickém mikroskopu a její vyhodnocení, eventuálně provedení fotodokumentace. Základním výsledkem je posouzení vzhledu mikrostruktury, přítomnosti a množství, respektive rozložení základních strukturních fází (ferit, austenit, cementit, martenzit) nebo strukturních složek (perlit, bainit) ve svarovém kovu, pásmech TOO a v základním materiálu svarového spoje.

b) stanovení plošného podílu strukturních fází

Je určován bodovou metodou. Vyhodnocení se provádí zpravidla na světelném mikroskopu při dostatečném zvětšení z hlediska rozlišení jednotlivých strukturních složek. Hodnocení se provádí na matnici mikroskopu, na níž je položena transparentní fólie s vyrytou mřížkou.

c) stanovení obsahu nekovových vměstků

Je významným údajem pro posouzení typu, rozložení a velikosti jednotlivých vměstků, přítomných ve svaru. Hodnocení spočívá v porovnání zorného pole mikroskopu s etalony příslušných norem.

d) stanovení velikosti zrna

Provádí se k posouzení zrnitosti struktury, resp. zhrubnutí původního austenitického zrna použitou metodou svařování v pásmech tepelně ovlivněné oblasti. Vlastní stanovení se provádí opět srovnáním s etalony příslušných norem.

6.2.3. Elektronomikroskopická studia

Používají se zejména při výzkumu a vývoji nových materiálů, včetně jejich svarových spojů. Jejich principem je zvětšení pomocí elektronového mikroskopu.

7. Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout vhodný a dostupný nerezový materiál pro výrobu naftové nádrže pro vozy řady 814-914 „Regionova“. Hlavním požadavkem pro tento úkol bylo snížení hmotnosti samotné nádrže, kdy bylo možné díky nerezovému provedení ztenčit stěnu nádrže o 0,5 mm a odstranění nutnosti nanášení povrchových antikoročních nátěrů, které měli za následek další zvyšování hmotnosti. Při mechanickém poškození těchto nátěrů je bylo nutno opravovat. Tento problém a i snížení hmotnosti by mělo přinést použití nerezového materiálu.

Jako materiál vhodný pro tento typ nádrže byla vybrána ocel ČSN 41 7241.4, která splňuje všechny požadavky kladené na materiál pro naftovou nádrž. Vzhledem k výrobním možnostem a vybavení výrobního podniku byla jako metoda svařování vybrána metoda MIG a jako ochranný plyn čistý argon. Tato kombinace zajistí kvalitní provedení svaru.

8. Seznam použité literatury:

- [1] Barták,J.,Kovařík,R.,Pilous,V a kolektiv: Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory.1.vydání.Ostrava:Zeros,2002.418 s.
ISBN 80-85771-97-7
- [2] Minařík,V.:Obloukové svařování.Praha:Scientia,2003.241 s. ISBN 80-7183-285-5
- [3] Koukal,J.,Zmydlený,T.:Svařování I.1.vydání.Ostava:VŠB v Ostravě,2005. 133s.
- [4] Leinveber,j.,Řasa,J.,Vávra,P.:Strojnické tabulky,upravené a doplněné
vydání.3.vydání,Praha:Scientia,1999,985 s.ISBN 80-7183-164-6
- [5] ČSN EN ISO 15609-1:Stanovení kvalifikace postupů svařování kovových materiálů-
Stanovení postupu svařování-Část 1:Obloukové svařování.Český normalizační
institut,2005
- [6] Internet. Esab.cz,prodej svařovací techniky(cit. 2009-05-10)
URL:<http://www.esab.cz>
- [7] Kučera,J.: Teorie svařování, 1. vydání, Ostrava: VŠB v Ostravě, 1991, 408 s.
- [8] Kuncipál, J.:Svařování pro konstruktéry a technology, 1.vydání.Praha: Nakladatelství
tech. literatury, 360 s., L13-B2-IV-41/22 574
- [9] ČSN 41 7240, Ocel 17240, Praha, Výzkumný ústav hornictví 1975
- [10] ČSN 41 7241, Ocel 17241, Praha, Poldi –spojené ocelárny 1979
- [11] ČSN 05 0000, Zváranie.Zváranie kovov.Základne pojmy. Praha: Český normalizační
institut leden 1987
- [12] ČSN EN 439, Svařovací materiály. Ochranné plyny pro obloukové svařování a řezání.
Praha: Český normalizační institut, srpen 1996
- [13] ČSN EN ISO 3834, Požadavky na jakost při tavném svařování, Praha: Český
normalizační institut, červenec 2006
- [14] ČD V95/5, Předpis pro svařování železničních kolejových vozidel. Praha: České dráhy
1999
- [15] ČSN EN 15085 Evropská norma pro svařování kolejových vozidel, Praha: Český
normalizační institut, květen 2008

9. Seznam příloh

- 1) Příloha č.1. – výkres č. 06-95-0-4545 –Palivová nádrž 450L-svařenec-nerez provedení
- 2) Příloha č.2 – výkres č. 06-95-0-4544 – Palivová nádrž 450L-kompletace- nerez provedení
- 3) Příloha č.3 – Postupy svařování – WPS č.2009/1
- 4) Příloha č.4 – Postupy svařování – WPS č.2009/2
- 5) Příloha č.5 – Postupy svařování – WPS č.2009/3
- 6) Příloha č.6 – Postupy svařování – WPS č.2009/4
- 7) Příloha č.7 – Postupy svařování – WPS č.2009/5
- 8) Příloha č.8 – Postupy svařování – WPS č.2009/6
- 9) Příloha č.9 – Postupy svařování – WPS č.2009/7
- 10) Příloha č.10 – Postupy svařování – WPS č.2009/8
- 11) Příloha č.11 – Postupy svařování – WPS č.2009/9
- 12) Příloha č.312– Postupy svařování – WPS č.2009/10